Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 75 (1984)

Heft: 18

Artikel: Entwicklung und Markteinführung von Elektrofahrzeugen in den USA

Autor: Brown, P.J. / Kalhammer, F. / Hayden, C.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904473

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

2.23 V

Entwicklung und Markteinführung von Elektrofahrzeugen in den USA

P. J. Brown, F. Kalhammer, C. Hayden und J. Mader

Elektrofahrzeuge sind eine attraktive Alternative zu den konventionellen Fahrzeugen mit Benzin- oder Dieselmotor. Sie können die Abhängigkeit von ausländischem Öl verringern und einen Beitrag zum Umweltschutz in städtischen Gebieten leisten. Gleichzeitig können sie die Ausnützung der verfügbaren Stromerzeugungskapazität ausserhalb der Spitzenlastzeiten verbessern. Um diese potentiellen Vorteile auszuschöpfen, verfolgen das amerikanische Energieministerium und das Electric Power Research Institute (EPRI) aktive Forschungs- und Entwicklungsprogramme im Bereich der Elektrofahrzeuge. Eine wichtige Ergänzung ist dabei die Unterstützung von Betreibern von Fahrzeugflotten, wie z.B. Elektrizitätswerken, Telefongesellschaften und des amerikanischen Postdienstes.

Les véhicules électriques offrent une alternative attrayante aux véhicules conventionnels à essence ou à moteur Diesel qui dominent les transports routiers. Ils peuvent permettre de réduire la dépendance vis-à-vis du pétrole provenant de l'étranger et apporter leur contribution à la protection de l'environnement dans les villes. En même temps, ils peuvent aussi permettre d'améliorer l'utilisation de la capacité de production d'électricité existante en dehors des heures de pointe. Afin de pouvoir utiliser ces avantages potentiels, le Ministère américain de l'énergie et l'Electric Power Research Institute (EPRI) poursuivent d'actifs programmes de recherche et de développement dans le domaine des véhicules électriques. Ils sont soutenus dans leurs travaux par les sociétés qui utilisent des flottes de véhicules, comme les entreprises d'électricité, de téléphone et les services des postes américains.

Adressen der Autoren

Paul J. Brown, U.S. Department of Energy,
Fritz Kalhammer, Electric Power Research Institute,
Clifford Hayden, GTE Service Corporation,
Jerry Mader, Electric Vehicle Development Corporation

1. Einleitung

Beinahe acht Jahre sind vergangen, seit der amerikanische Kongress das Gesetz über die Forschung und Entwicklung von Elektro- und Hybridfahrzeugen 1976 in Kraft gesetzt hat (Public Law 94-413), das das Interesse an Elektrofahrzeugen erneut weckte und zu umfangreichen Entwicklungsarbeiten führte. Obwohl seither wesentliche Fortschritte in bezug auf das Verständnis der betrieblichen und konzeptionellen Anforderungen an Elektrofahrzeuge gemacht wurden und die Elektrofahrzeugtechnologie beträchtlich weiterentwickelt wurde, müssen doch noch wichtige technische und institutionelle Fragen gelöst werden, bevor Elektrofahrzeuge auf breiter Basis kommerziell eingesetzt werden können. Es ist offensichtlich, dass die Fahrleistungen und die Kosten der Fahrzeuge verbessert werden müssen, bevor sie mit konventionellen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor in kommerziellen Fahrzeugflotten oder im privaten Bereich konkurrieren können. Gleichzeitig muss der parallelen Entwicklung einer Infrastruktur für Elektrofahrzeuge grössere Beachtung geschenkt werden, d.h. Systemen für den Fahrzeugservice, das Nachladen und die allgemeine Unterstützung.

Die Elektrofahrzeug-Forschungs- und Entwicklungsprogramme des Energieministeriums und des Electric Power Research Institute (EPRI) entsprechen diesen Forderungen. Als allgemeine Leitlinie für die Planung und Koordination ihrer Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten haben das Energieministerium und das EPRI zwei Hauptziele festgelegt.

- Das erste Ziel ist ein Elektrofahrzeug, das Ende der 80er Jahre in kommerziellen Fahrzeugflotten eingesetzt werden kann. Dieses Fahrzeug würde für die Batterie und den Antrieb zunächst kurzfristig verfügbare Technologien benützen. Die Anwendung in kommerziellen Fahrzeugflotten wird als der beste Einstiegsmarkt für Elektrofahrzeuge in den USA angesehen, da die Leistungsfähigkeit der kurzfristig verfügbaren Elektrofahrzeugtechnologie besser zur Anwendung in Fahrzeugflotten mit festen Einsatzbedingungen passt und da die zentralisierte Unterhaltstruktur, die in den heutigen Fahrzeugflotten vorherrscht, die Errichtung einer anfänglichen, speziell für Elektrofahrzeuge ausgelegten Infrastruktur vereinfacht. Ausserdem kann erwartet werden, dass die Betreiber von Fahrzeugflotten bei ihrem Kaufentscheid eher die gesamten Kosten während der Lebensdauer eines Fahrzeugs berücksichtigen und nicht die Anschaffungskosten des Fahrzeugs überbewerten. Dies verbessert die wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit der Elektrofahrzeuge.
- Die Einführung eines Elektrofahrzeugs in den Bereich des Privatverkehrs Anfang der 90er Jahre ist das zweite Hauptziel. Ob dieses Ziel erreicht werden kann, hängt von der Verfügbarkeit fortgeschrittener Technologien für die Batterie und den Antrieb ab, welche die höher gesteckten Anforderungen bezüglich Reichweite und Leistungsfähigkeit dieses Marktsegments zu befriedigen vermögen. Es ist klar, dass technologische Fortschritte, die den Privatgebrauch von Elektrofahrzeugen ermöglichen, auch dazu genutzt werden, die Fahrzeuge in Fahrzeugflotten zu verbessern und deren Marktanteil zu erweitern.

Die Betreiber von Fahrzeugflotten, die in der Arbeitsgruppe der Elektrofahrzeugbenützer und in der Electric Vehicle Development Corporation mitwirken – einer Organisation, die Elektrizitätswerke und andere grössere Interessenten an Elektrofahrzeugen vertritt –, nehmen ebenfalls an der Er-

reichung dieser Ziele teil. Diese zwei Gruppen ergänzen die vor allem auf Forschung und Entwicklung ausgerichteten Programme des Energieministeriums und des EPRI, indem sie die Bedürfnisse der Benützer betonen und sich an der Anwendung und dem Transfer der Technologie beteiligen. Im Zuge der Weiterentwicklung der Technologie wird den Flottenbetreibern und der Electric Vehicle Development Corporation eine wesentliche Rolle zunächst beim Aufbau und dann beim Ausbau der kommerziellen Einführung von marktgerechten Elektrofahrzeugen zuteil.

2. Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten des Energieministeriums

In Zusammenarbeit mit der Privatindustrie verfolgt das Energieministerium seit 1976 ein aggressives Forschungs- und Entwicklungsprogramm, das sowohl Elektro- als Hybridfahrzeugtechnologien umfasst. Allein im Fiskaljahr 1984 wurden $ 11,7 Mio für die Forschung und Entwicklung von Elektro- und Hybridfahrzeugen bewilligt. Zusätzlich ist ein grosser Teil der insgesamt $ 25 Mio, die für ein separates Energiespeicherprogramm innerhalb des Energieministeriums bewilligt wurden, auf die Entwicklung von fortgeschrittenen Batterien ausgerichtet, die für den Antrieb von Elektrofahrzeugen geeignet sind. Da viele der innerhalb des Elektro- und Hybridfahrzeugprogramms abgeschlossenen Verträge auf der Kostenteilung zwischen dem Energieministerium und den Lieferanten basieren, ist der effektive Wert des Elektro- und Hybridfahrzeugprogramms des Ministeriums sogar noch grösser.

Die Aktivitäten des Energieministeriums im Bereich der Elektro- und Hybridfahrzeuge konzentrieren sich auf drei breite Gebiete: Forschung und Entwicklung von Antriebssystemen, Forschung und Entwicklung von Batteriesystemen sowie Test und Evaluation von Fahrzeugen und Komponenten. Die Entwicklung von Antriebssystemen schliesst verbesserte/fortgeschrittene Gleich- und Wechselstromantriebe ebenso ein wie die Herstellung, Prüfung und Evaluation von Strom/Benzin-Hybridfahrzeugen. Die Forschung und Entwicklung von Batteriesystemen umfasst sowohl kurzfristig (d.h. bis Ende der 80er Jahre) als auch langfristig (Ende der 90er Jahre) verfügbare Batterietypen.

2.1 Forschung und Entwicklung von Antriebssystemen für Elektro- und Hybridfahrzeuge

Dieses Projekt umfasste die Evaluation der existierenden, kommerziell verfügbaren Technologie und die Entwicklung fortgeschrittener Steuerungen, Motoren, Getriebe und Antriebsuntersysteme. Besondere Beachtung wurde dabei auf die Entwicklung kostengünstiger, jedoch leistungsfähiger Technologien und effizienterer Gleich- und Wechselstromantriebe sowie deren Komponenten gelegt. Diese Bemühungen führten zu einer bedeutenden Verringerung des Gewichts und des Volumens – in der Grössenordnung von 50% desjenigen der Antriebe, die 1976 verfügbar waren, wobei gleichzeitig die Leistungsfähigkeit verbessert und die Kosten verringert wurden.

Die Bemühungen der Firma Eaton führten zu zwei Testfahrzeugen, wobei eines mit einem Gleich- und das andere mit einem Wechselstromantrieb ausgerüstet ist. Beide Testfahrzeuge basieren auf dem viersitzigen 1981er Modell des Mercury Lynx. Das Gleichstromsystem verwendet eine dreistufige Transaxle-Automatik, einen luftgekühlten Nebenschlussmotor und ein besonderes Konzept eines einzigen Choppers sowohl für die Anker- als auch für die Feldsteuerung. Das Wechselstromsystem verwendet einen ölgekühlten Induktionsmotor, Transistorsteuerung und -wechselrichter und eine zweistufige Transaxle-Automatik. Detaillierte Angaben zu diesen und anderen Systemspezifikationen sind in Tabelle I zusammengestellt.

Das Antriebssystem, das bei Ford in der Entwicklung ist, verwendet einen Wechselstrominduktionsmotor, der ein besonderes, flüssigkeitsgekühltes Motor-Getriebe-Konzept verwendet, das gemeinsam mit General Electric entwickelt wurde («uniaxle»). Es umfasst Transistorsteuerung und -wechselrichter und ist vollständig von einem Mikroprozessor kontrolliert. Basis für dieses System ist ein zweisitziger Mercury LN7. Ford arbeitet ebenfalls daran, sein fortgeschrittenes Wechselstromantriebssystem mit Hochleistungsversuchsbatterien zur Überprüfung des Konzeptes in Fahrzeugen einzubauen. Strassenversuche

Leistungsdaten von Antrieb und Fahrzeugen — Tabelle I

	ETV-1	Eaton ~	Eaton —	Ford ~	HTV-1
Motor:					
Dauerleistung (PS)	20	25	20	30	24
Gewicht (kg)	98	55	82	36	105
Elektron. Steuerung (kg)	50	44	18	45	54
Getriebe (kg)	39	34	36	36	116
Antrieb total (kg)	188	134	136	118	450[1])
Fahrzeugtyp	Lieferwagen	Mercury Lynx	Mercury Lynx	Mercury LN7	Buick Century
Passagiere	4	4	4	2	6
zul. Gesamtgewicht (kg)	1520	1360	1590	1540	2025
Beschleunigung					
0–48 km/h (s)	9	9	–	7	8,4
0–80 km/h (s)	20	25	–	17	17,6
Batterietyp	G-U Custom	G-U EV-800	Gould	[2])	G-U EV-1300
Spannung (V)	108	192	108	204	120
Leistungsdichte (W/kg)	180 (max)	–	–	–	164
Energiedichte (Wh/kg)	37,5	31,7	–	–	36,4
Batteriegewicht (kg)	495	392	–	416	375
Energieverbrauch					
(Wh/km)	186	217	230	155	
(km/l)					42
Fahrzyklus	SAE J227a-D	SAE J227a-D	SAE J227a-D	FUDS	FUDS
Rekuperative Bremse	ja	nein	nein	ja	ja

[1]) inkl. 175 kg Verbrennungsmotor
[2]) wird noch festgelegt

mit diesem Wechselstromantriebssystem sollen 1985 beginnen.

General Electric hat sich ferner an einer separaten Elektro- und Hybridfahrzeugentwicklung beteiligt, aus der ein Hybridfahrzeug hervorging. Diese Bemühungen führten zur erfolgreichen Kombination eines Vierzylinder-Verbrennungsmotors mit einem Blei-Säure-Batteriepaket von zehn 12-Volt-Moduln in einem sechssitzigen Buick Century. Wie die reinen Elektrofahrzeuge hat auch das Hybridfahrzeug in den letzten Jahren beträchtliche Fortschritte gemacht. Bei einem vor kurzem durchgeführten Prüfstandversuch, der einen Betrieb im offiziellen amerikanischen Stadtverkehrszyklus simulierte, erreichte das Hybridfahrzeug eine berechnete Brennstoffausnützung, die 120 miles per gallon (51 km/l bzw. 2 l pro 100 km) entspricht. Es wurden ferner separate Tests mit Nickel-Eisen-Batterien im Fahrzeug durchgeführt. Bei den Versuchen hat das General-Electric-Hybridfahrzeug einen reibungslosen Leistungsübergang gezeigt. Wegen seiner Komplexität und hohen Kosten bleibt die praktische Nutzungsmöglichkeit des Hybridkonzeptes jedoch fraglich. Die Evaluation und das Testen von Hybridfahrzeugen soll zumindest während des Jahrs 1985 fortgesetzt werden.

Vom Energieministerium wurden noch weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten hinsichtlich des Antriebssystems gefördert, u.a. ein stufenlos verstellbares Flachriemengetriebe sowie Brennstoffzellen. Separate Bemühungen zur Entwicklung von Komponenten umfassen die Verbesserung der Leistung von Wechselstromstellern und bürstenlosen Gleichstrommotoren, die Entwicklung eines fortgeschrittenen «Hochfrequenz»-Choppers mit Impulsbreitenmodulation, der für den Betrieb in einem Nebenschluss-Gleichstrommotor geeignet ist, und eine Untersuchung der Möglichkeit des Einsatzes von verstellbaren Reluktanzmotoren in Elektrofahrzeugen.

2.2 Entwicklung von Batteriesystemen für Elektrofahrzeuge

Die Forschung und Entwicklung von aussichtsreichen Batteriesystemen konzentriert sich auf die Erhöhung der Energie- und Leistungsdichte, der Lebensdauer, der Zuverlässigkeit und der Wartbarkeit bei gleichzeitig reduzierten Kosten. Das Elektro- und Hybridfahrzeugprogramm fördert zur Zeit Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an Batterien mit wässrigem und mit bewegtem Elektrolyt sowie an Hochtemperaturbatterien. Die weiterverfolgten Technologien sind Blei-Säure-Batterien (mit flachen Platten, Röhrenplatten, zirkulierendem Elektrolyt und Gel-Elektrolyt), Nickel-Eisen-, Zink-Chlorid-, Zink-Brom- und Natrium-Schwefel-Batterien. Tabelle II illustriert die Verbesserungen in bezug auf Leistung und Lebensdauer, die bisher erreicht werden konnten und die in der nächsten Zukunft für die verschiedenen, in Entwicklung befindlichen Batteriesysteme erwartet werden.

Batterie-Leistungsdaten — Tabelle II

Batterietyp	Energiedichte (Wh/kg)	Leistungsdichte (W/kg)	Lebensdauer (Zyklen)[1]
Blei-Säure-Module (Globe verbesserter «Stand der Technik»)			
1976	30	96	100
1984	37 bis 42	96 bis 104	270 bis 500
1986 (Ziel)	56	104	800
Nickel-Eisen-Module (Eagle-Picher)			
1977	38	95	100
1984	45	103 bis 112	760 bis 1000
1986 (Ziel)	56	104	800
Zink-Brom			
1975 (2,5-kWh-Versuchseinheit)	61	92	200
1984 (20-kWh-Batterie)	65	147	400
1986 (Ziel)	75	200	1000
Natrium-Schwefel			
1977 (Zelle)	85 bis 140	60 bis 130	200 bis 1500
1984 (30-kWh-Batterie – Hochrechnung)	93	170	800 to 1000
1986 (Ziel)	175	250	1000

[1]) Die Versuche wurden abgebrochen, wenn die gemessene Kapazität nur noch 75% der Nennkapazität betrug.

Eine Nickel-Eisen-Batterie mit 140 Zellen überschritt beispielsweise vor kurzem in einem simulierten Stadtverkehrstest 908 Tiefentladungszyklen, was beinahe 100 000 km Fahrstrecke entspricht. Dies stellt eine mehr als siebenfache Verbesserung der Lebensdauer im Vergleich zu den zu Beginn des Programms getesteten Nickel-Eisen-Batterien dar. Die Energiedichte dieser Batterie wurde ebenfalls um mehr als 20% verbessert. In der gleichen Periode konnten die Blei-Säure-Batterien um 30% in bezug auf die Energiedichte und um mehr als 200% in bezug auf die Lebensdauer verbessert werden.

Zu den vielversprechenden kurzfristigen Batterieverbesserungen, die zur Zeit untersucht werden, zählt die «Gel-Cell», eine Blei-Säure-Batterie mit gelförmigem Elektrolyt. Diese von Globe (einer Division von Johnson Controls Inc.) entwickelte Batterie zeichnet sich im Vergleich zu anderen Blei-Säure-Batterien durch reduzierten Unterhalt, verringerte Wasserstoffentwicklung, verbesserte Energieeffizienz und kompetitive Anschaffungskosten aus. Die Reichweite der Elektrofahrzeuge bleibt jedoch infolge der im derzeitigen Entwicklungsstand geringeren Energiedichte dieser Batterie beschränkt.

Die Röhrenplatten-Blei-Säure-Batterie von Lucas Chloride EV Systems wird im Hinblick auf ihre Anwendbarkeit für den Ford/GE-Wechselstromantrieb untersucht. Diese Batterie umfasst ein komplettes System mit zentralisierter Wasserzufuhr und hat eine lange Lebensdauer bewiesen.

Auch die Entwicklung von Batterien, die sich möglicherweise für die Verwendung in Elektrofahrzeugen in den 90er Jahren eignen, wird vorangetrieben. Zink-Brom- und Natrium-Schwefel-Technologien haben den Status der Machbarkeitsuntersuchungen an einzelnen Zellen im Labor hinter sich gelassen und werden nun zu kompletten Batteriesystemen weiterentwickelt. Beide Systeme bieten das Potential für eine billige Hochenergiebatterie, die im Stadtverkehr 100 Meilen (= 160 km) Reichweite erreichen kann.

Ein Batterieprogramm von Sandia

National Laboratories/Exxon Research and Engineering Company untersucht die Zink-Brom-Technologie, um deren Anwendbarkeit für Elektrofahrzeuge zu evaluieren, und ein gemeinsames Programm von Ford und Exxon baut auf diesen Ergebnissen auf, um zu einer Batterietechnologie zu gelangen, die für den Ford/GE-Wechselstromantrieb geeignet ist. Die Entwicklung der Natrium-Schwefel-Technologie ist ebenfalls auf ein Batteriesystem ausgerichtet, das mit dem Ford/GE-Wechselstromantrieb kompatibel sein wird. Dadurch, dass diese Technologien auf ein bestimmtes Fahrzeug angewendet werden, können fahrzeugspezifische Gesichtspunkte bereits in die frühen Stadien der Planung und Entwicklung dieser fortgeschrittenen Batterietypen einfliessen.

Es werden Versuchsfahrzeuge mit jeweils einem integrierten Batterie-Antriebssystem produziert und ausgetestet werden, das aus einem der drei fortgeschrittenen Batterietypen – Röhrenplatten-Blei-Säure, Zink-Brom und Natrium-Schwefel – und dem Ford/GE-Wechselstromantrieb besteht. Diese Entwicklungsarbeit ist so geplant, dass alle Batterieversuche in den Fahrzeugen Mitte 1986 abgeschlossen sein werden. Durch Involvierung von wichtigen Zulieferfirmen in gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsprogramme fördert das Energieministerium die Kommerzialisierung der Elektrofahrzeuge durch die grossen Automobilproduzenten.

In Verbindung mit den Entwicklungsarbeiten an der Batterie wurde auch an einer Verbesserung der Batterie-Ladetechnik sowie des Wärmehaushalts der Batterie gearbeitet. Diese Bemühungen führten zu einer Reduktion in den Betriebs- und Unterhaltskosten von bis zu 50%.

2.3 Versuchs- und Auswertungsarbeiten

Ursprünglich war ein Demonstrationsprogramm vorgesehen, das allmählich zum Aufbau einer Elektrofahrzeugflotte von 10 000 Fahrzeugen im praktischen Einsatz auf den Strassen geführt hätte. Nach Einführung von rund 1100 Fahrzeugen an über 90 Orten der USA einigten sich Regierung und Kongress 1981 darauf, den Aufbau der Demonstrationsflotte zu beenden. Das Schwergewicht des Betriebs der Fahrzeugflotte wurde dahingehend geändert, die betrieblichen Mängel der Fahrzeuge zu identifizieren und zu charakterisieren sowie neu entwickelte Komponenten zur Behebung dieser Mängel zu testen und zu beurteilen. Es wurde eine Arbeitsgruppe der Elektrofahrzeugbenützer, bestehend aus den aktivsten Betreibern von Demonstrationsfahrzeugen, gegründet, um die grundsätzlichen Probleme zu identifizieren, mit denen die Betreiber von Elektrofahrzeugen konfrontiert sind und die eine Akzeptierung und breitere Nutzung von Elektrofahrzeugen in Fahrzeugflotten erschweren, und um bei der Ausarbeitung von Lösungen mitzuwirken. Weitere Einzelheiten über die Arbeiten dieser Flottenbetreiber werden in den nachfolgenden Abschnitten dargestellt.

Diese Strassenuntersuchungen werden durch ein umfassendes Programm von Laborversuchen von Versuchsbatterien und Antriebssystemen unter Verwendung von Testfahrzeugen auf computergesteuerten Prüfständen ergänzt. In solchen Labor- und Prüfstandversuchen mit dem Fahrzeug werden zurzeit Zink-Chlorid- und Nickel-Eisen-Batterien sowie Wechselstrom-Antriebssysteme und eine fortgeschrittene Gleichstromsteuerung untersucht. Um den Effekt der Temperatur auf die Leistungsfähigkeit des Fahrzeugs zu untersuchen, werden Laborversuche von Batteriesystemen in Klimakammern durchgeführt. Diese Forschung hat quantitativ die Bedeutung des Wärmehaushalts der Batterie für bessere Leistungen sowie konzeptionelle Anforderungen an die Unterbringung der Batterie im Fahrzeug aufgezeigt.

3. Betrieb von Elektrofahrzeugflotten

Den Besitzern von Fahrzeugflotten, die in der Arbeitsgruppe der Elektrofahrzeugbenützer mitwirken, kommt eine Schlüsselrolle bei der Entwicklung der Elektrofahrzeugtechnologie zu. Sie liefern die Versuchsbasis für die Ermittlung der Einsatzfähigkeit von Fahrzeugen und Komponenten unter den Bedingungen des gewerbsmässigen Fahrzeugflottenbetriebes. Unter der Führung der GTE Service Corporation war die Arbeitsgruppe der Elektrofahrzeugbenützer verantwortlich für die Zusammenarbeit der Elektrofahrzeugbetreiber, der technischen Forschungs- und Entwicklungsorganisationen, der Komponentenhersteller und der Lieferanten mit dem Ziel, Probleme zu diskutieren und zu überprüfen, die in der Praxis auftraten, und mögliche technische und betriebliche Lösungen zu erörtern. Ausgewählte Prototypentechnologien oder -verfahren, die das Potential für eine Verbesserung des Flottenbetriebes der Elektrofahrzeuge haben, werden mit der Förderung des Energieministeriums von einem oder mehreren der Mitglieder der Arbeitsgruppe der Elektrofahrzeugbenützer als Teil ihrer Test- und Evaluationsaktivitäten überprüft. Auf Basis dieser Evaluationen wird entschieden, ob die an anderen Orten im Einsatz befindlichen Elektrofahrzeuge nachgerüstet oder modifiziert werden sollen.

Es wurde eine Reihe von Projekten zur Verbesserung von Produkten in Angriff genommen, die die Leistung der Fahrzeuge verbessern und/oder die Betriebskosten verringern sollen. Die für die Überprüfung ausgewählten Technologien umfassen unter anderem verbesserte Systeme für die Wasserzufuhr zu den Batterien, Systeme für die Überwachung und Diagnose der Batterien an Bord des Fahrzeugs, transistorisierte Steuerungen, Geräte zur Ermittlung der Reichweite, automatisch kompensierende Batterieladegeräte, verbesserte Blei-Säure-Batteriemodule und -Systeme sowie Nickel-Eisen- und Nickel-Zink-Batterien. Auf den Betrieb ausgerichtete Verbesserungen schliessen einen Gasungsschutz für die Batterien, verbesserte Kabelverbindungen und Lademethoden ein. Die künftigen Aktivitäten werden den Test neuer Fahrzeuge, integrierter Systeme und weiterentwickelter Komponenten beinhalten.

Die bisher erzielten Ergebnisse sind ermutigend. Ein nachträglich anbringbares Wasserzufuhrsystem für die Batterie konnte beispielsweise den Arbeitsaufwand für das Wassernachfüllen der Batterien um bis zu 75% reduzieren. Dies wird bedeutende Auswirkungen auf die Unterhaltskosten haben, die an vielen Orten ein wichtiges Problem darstellen. Ein anderes Beispiel ist der Prototyp einer transistorisierten Steuerung, die zur Zeit getestet wird und die sich als leiser und effizienter erwies als die SCR-Steuerung, die zur Zeit in vielen Elektrofahrzeugen eingesetzt ist. Bei bestimmten Anwendungen konnte eine Erhöhung der Reichweite von 15 bis 20% durch diese verbesserte Steuerung erreicht werden.

Die Arbeitsgruppe der Elektrofahrzeugbenützer, die mehr als 650 Elektrofahrzeuge bei 39 verschiedenen öffentlichen und privaten Stellen reprä-

sentiert, stellt ein wertvolles und vielseitiges Mittel zur Identifikation von Technologien und Verfahren zur Verbesserung der Leistung und der Konkurrenzfähigkeit der Elektrofahrzeuge dar. Die dauernde Mitwirkung dieser Fahrzeugflottenbetreiber ist eine wesentliche Voraussetzung für die erfolgreiche Entwicklung und Markteinführung der Elektrofahrzeuge.

4. Forschungs- und Entwicklungsarbeiten beim EPRI

Elektrizitätswerke in der ganzen Welt haben bereits seit langem erkannt, dass Elektrofahrzeuge, die während der Nacht mit kostengünstiger Schwachlastelektrizität aufgeladen werden, eine Verbrauchergruppe darstellen, die die Verwendung von Elektrizität wesentlich erhöhen kann, ohne neue Kraftwerke zu erfordern. Entsprechend diesem Interesse der Elektrizitätswirtschaft nahm das EPRI – die von den Elektrizitätswerken des Landes getragene Forschungs- und Entwicklungsorganisation auf dem Gebiet der elektrischen Energie – 1981 ein Programm auf dem Gebiet des elektrischen Verkehrs in Angriff, um die Einführung von Elektrofahrzeugen durch ausgewählte Entwicklungsarbeiten, Tests und Demonstrationsprogramme zu fördern.

Zurzeit konzentrieren sich die Arbeiten des EPRI im Rahmen dieses Programms auf die Entwicklung von Batterien und von Fahrzeugssystemen. Diese Entwicklungsarbeiten sollen die Bemühungen des Energieministeriums zur Förderung des elektrischen Verkehrs ergänzen. 1984 werden vom EPRI für diese Aktivitäten rund $ 3 Mio aufgewendet. Diese Mittel werden ergänzt durch weitere $ 2 Mio, die von den einzelnen Elektrizitätswerken zur Unterstützung der Versuche und Evaluationsarbeiten des EPRIs und das Energieministeriums ausgegeben werden.

4.1 Entwicklung von Elektrofahrzeugbatterien

Ein Grossteil der Bemühungen des EPRI konzentriert sich auf die Evaluation und gezielte Entwicklung von kurzfristig verfügbaren sowie fortgeschrittenen Batteriesystemen.

Die Untersuchung von kurzfristig verfügbaren Batteriesystemen durch Versuche im Fahrzeug wird bei der Tennessee Valley Authority (TVA) in Chattanooga, Tennessee, durchgeführt. Für dieses Projekt werden die von der TVA errichteten Versuchseinrichtungen für Elektrofahrzeuge benützt. Dabei werden ausgewählte Batteriesysteme in Testfahrzeuge eingebaut, die täglich unter realistischen Fahrbedingungen betrieben werden. Die Leistungsfähigkeit der Batterie wird in Abhängigkeit von der Lebensdauer überwacht, um so Hinweise auf die Zuverlässigkeit, die Unterhaltsanforderungen und Versagensursachen der verschiedenen Batterien zu gewinnen.

Ergebnisse des EPRI/TVA-Batterietests, Stand 1.1.1984 Tabelle III

Batterietyp	Anzahl getestete Einheiten	Energiedichte[1]) (Wh/kg)
Blei-Säure, flach		
Alco 2200	1	26,9
Exide XPV-23-3	2	22,0
Blei-Säure, Röhrenplatten		
Chloride EV5T	2	27,7
Hoppecke 3X5PE193	2	22,8
Blei-Säure, zirkulierender Elektrolyt		
Globe EV2300	2	31,1
Nickel-Eisen		
Eagle-Picher	1	47,6

[1]) höchster gemessener Wert

Bis heute hat die TVA sechs Batteriesysteme getestet. Diese Batterien und die vorläufigen Testergebnisse sind in Tabelle III zusammengestellt. Im Laufe des Jahres 1984 werden Fahrzeugversuche mit der Nickel-Zink-Batterie von General Motors/Delco, der Nickel-Cadmium-Batterie der Energy Research Corporation und der Zink-Chlorid-Batterie von Gulf+Western in Angriff genommen. Die Ergebnisse dieser Batterietests werden dazu dienen, die technische Einsetzbarkeit dieser Batterien zu beurteilen und Ansatzpunkte für eine gezielte Weiterentwicklung abzuleiten.

TVA beteiligt sich auch an der Untersuchung von Batteriehilfskomponenten im Fahrzeug, wie z.B. einer Einrichtung zur Vorhersage der Reichweite, eines Warnsystems für fehlerhafte Batteriemodule sowie von Ladegeräten.

Das EPRI unterstützt zurzeit Arbeiten bei der TVA, dem Jet Propulsion Laboratory (JPL) und dem National Battery Testing Laboratory (NBTL) des Argonne National Laboratory, um die Probleme des Wärmehaushalts der Batterien zu quantifizieren und Lösungen hierzu zu entwickeln. Dabei wird unter anderem der Einfluss der Temperaturen auf die Lebensdauer der Batterie, die Konzipierung und Prüfung verschiedener Massnahmen für die Verbesserung des Wärmehaushalts sowie die Möglichkeit zur Entwicklung von mathematischen Modellen zur Vorhersage des thermischen Verhaltens der Batterien untersucht.

Das NBTL führt ausserdem Laborversuche durch, um die Konzipierung und Entwicklung einer verbesserten Blei-Säure-Batterie für die Anwendung in Elektrofahrzeugflotten zu unterstützen.

Im Bereich der fortgeschrittenen Batterien unterstützt das EPRI das Jet Propulsion Laboratory bei der Entwicklung einer vollständig geschlossenen Blei-Säure-Batterie mit hoher Leistungs- und Energiedichte für Anwendungen in Elektrofahrzeugflotten. Das neuartige, monopolare Zellenkonzept des Jet Propulsion Laboratory verwendet übereinandergeschichtete horizontale Platten in einem unbeweglichen Elektrolyten, um erhöhte Batterieleistungen sowie einen wartungsfreien Betrieb zu erreichen. Dieses Konzept stellt möglicherweise eine attraktive Alternative zum zirkulierenden Elektrolyten dar. Es wurde eine Prototypzelle hergestellt, die derzeit Versuchen unterworfen wird. Vorläufige Ergebnisse deuten darauf hin, dass eine Energiedichte von 45 Wh/kg und eine Leistungsdichte von 100 W/kg erreichbar sein sollten. 1985 werden die Entwicklungsarbeiten mit der Herstellung und dem Test von verschiedenen Batteriemodulen fortgesetzt.

Das EPRI hat ferner ein Projekt zur Herstellung von Prototypen einer Lithium-Metallsulfid-Batterie für die Anwendung in Elektrofahrzeugen initiiert. Diese Batterie weist sowohl ein hohes Leistungspotential – Energiedichte 100 Wh/kg, Leistungsdichte 150 W/kg – als auch eine praxisgerechte Lebensdauer (etwa 750 Zyklen) auf. Das Projekt baut auf der monopolaren Zelltechnologie, die mit der Förderung des Energieministeriums entwickelt wurde, auf und sieht Herstellung und Test von Untermodulen in monopolarer Bauweise vor. Parallel

dazu wird im Rahmen des EPRI-Projektes die Machbarkeit eines bipolaren Lithium-Metallsulfid-Systems mit höherer Leistung erkundet. Nach Abschluss der Untersuchungen an monopolaren und bipolaren Untermodulen beim NBTL 1986 wird das geeignete Zellenkonzept für Versuche im Fahrzeug ausgewählt.

Um die Erfahrungen über die Leistungsfähigkeit einzelner Batterieladegeräte zu ergänzen, förderte das EPRI eine Studie bei Detroit Edison, einem Elektrizitätswerk, über die Auswirkungen von harmonischen Oberschwingungen oder anderen Störungen, die von den Ladegeräten beim Kunden oder im Netz des Elektrizitätswerks verursacht werden. Im Rahmen der Studie wurden neun Elektrofahrzeuge aufgeladen, die an eine einzige 13-kV-Leitung angeschlossen waren. Die Ergebnisse dieser Arbeit deuten darauf hin, dass die Auswirkungen eines konzentrierten Betriebs von Ladegeräten auf das Elektrizitätswerk und den Kunden nicht schwerwiegender Natur sind und unter Kontrolle gehalten werden können. Von einfachen und billigen Modifikationen an den Ladegeräten kann eine wirksame Verringerung der negativen Auswirkungen erwartet werden.

4.2 Entwicklung von Fahrzeugsystemen

Die zweite Hauptstossrichtung des EPRI gilt der Entwicklung und Beurteilung von Elektrofahrzeugsystemen. Auf dem Versuchsgelände der TVA werden Versuche mit Serien- und Prototyp-Elektrofahrzeugen durchgeführt. Dabei wird die Leistungsfähigkeit der Fahrzeuge sowie ihre Eignung für bestimmte Aufgaben untersucht. Die Versuchsaktivitäten des EPRI und der TVA schliessen Voruntersuchungen von Fahrzeugen, Versuche auf Teststrecken und auf der Strasse sowie Prüfstanduntersuchungen ein. 1983 schloss TVA die Untersuchung von drei Elektrofahrzeugen für den Flottenbetrieb ab: den Volkswagen-Pritschenwagen der South Coast Technology (STC), den «Kubvan» von Grumman-Olson und einen Volkswagen-Transporter. Die gemessene Reichweite dieser Fahrzeuge unter den Bedingungen eines städtischen Auslieferungs-Fahrzyklus (Zyklus SAE-J227a C) variierte zwischen etwa 42 und 48 Kilometern. Die unter tatsächlichen Stadtverkehrsbedingungen gemessenen Reichweiten waren etwas niedriger. Versuche mit einer 30minütigen Nachladung führten zu einer markanten Verbesserung der Reichweite (bis zu 75%), was die Ansicht bestätigt, dass Zwischenladen eine äusserst wirksame Möglichkeit zur Ausdehnung der Reichweite von Elektrofahrzeugen darstellt. Die Versuche werden 1984 mit einem Bedford-CF von Lukas-Chloride und einem mit einer Zink-Chlorid-Batterie von Gulf+Western ausgerüsteten Lieferwagen fortgesetzt.

Ein beträchtlicher Teil der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten des EPRI in diesem Programm war auf die direkte Unterstützung von Elektrizitätswerken ausgerichtet, die Elektrofahrzeuge untersuchen und testen. Diese Unterstützung fand in verschiedenen Formen statt. Das EPRI finanzierte z.B. eine umfassende Studie der General Research Corporation, um die Auswirkungen der Elektrofahrzeuge auf die Stromerzeugung der Elektrizitätswerke, die Brennstoffausnutzung und die Betriebskosten zu analysieren. Das Projekt zeigte, dass Elektrofahrzeuge für viele Elektrizitätswerke eine wichtige neue Lastkategorie werden könnten. Eine zweckmässige geplante Ladung der Elektrofahrzeuge könnte die Ausnützung der vorhandenen Grundlastkraftwerkskapazität erhöhen, ohne einen zusätzlichen Bedarf an Spitzenkapazitäten und ohne einen zusätzlichen Einsatz der knappen Brennstoffe Öl und Gas zu verursachen.

Das EPRI war ebenfalls an der Untersuchung des Marktpotentials für Elektrofahrzeuge in den USA beteiligt. In einer breit angelegten Untersuchung erstellte die Universität von Michigan einen landesweiten Überblick über die Betreiber von Fahrzeugflotten, um Einsatzmöglichkeiten für Elektrofahrzeuge zu identifizieren und zu beurteilen. Die Ergebnisse dieser Studie deuten darauf hin, dass der potentielle Markt für ein Elektroflottenfahrzeug mit einer Reichweite von 60 Meilen im städtischen Verkehr mit einer Batterieladung ungefähr 3,5 Millionen Fahrzeuge beträgt.

Als Ergänzung der Strassenversuche und des Testbetriebs bei Elektrizitätswerken arbeitet das EPRI daran, standardisierte Betriebs- und Unterhaltsrichtlinien für Elektrofahrzeuge aufzustellen und zu publizieren. Diese Richtlinien stellen einen ersten Schritt zum Aufbau einer unterstützenden Infrastruktur für Elektrofahrzeuge dar, die für deren Kommerzialisierung eine wesentliche Voraussetzung ist.

5. Schwerpunkte der künftigen Programme des Energieministeriums und des EPRI

Als Folge von Hinweisen von Elektrofahrzeugbenützern und basierend auf den Ergebnissen der Markt- und Technologieuntersuchungen geben das Energieministerium und das EPRI neuerdings der Entwicklung von elektrischen Lieferwagen und Transportern vermehrtes Gewicht. Sie arbeiten in einem Mehrjahresgemeinschaftsprojekt zusammen, um ein verbessertes Prototypfahrzeug mit einem vollintegrierten Antriebs- und Batteriesystem zu entwickeln, dessen Auslegung und Leistung den Marktbedürfnissen entspricht. Basierend auf neuen, in den USA und im Ausland entwickelten Technologien ist geplant, Prototypen von Elektrotransportern zu entwickeln und zu produzieren, die mit dem Markt der Flottenfahrzeuge kompatibel sind und die in den Jahren 1986 und 1987 praktisch erprobt werden können. Diese Elektrotransporter sollen als Vorläufer für elektrische Flottenfahrzeuge dienen, die in grösserem Umfang in den Jahren 1987–88 produziert werden können. Zurzeit befindet sich die Ausarbeitung der Spezifikationen des Transporters in der Abschlussphase. Die Entwicklung des Fahrzeugs soll Anfang 1985 beginnen.

In Zusammenarbeit mit Eaton Corporation hat das Energieministerium ferner ein längerfristiges Transporterprojekt mit fortgeschrittener Technologie begonnen. Das Ziel dieser Arbeit ist die Weiterentwicklung und Anpassung des Wechselstromantriebs von Eaton zur Verwendung im Chrysler-T-115-Kleinlastwagen. Die Versuchsfahrzeuge mit Wechselstromantrieb werden dann sorgfältig auf ihre Leistung, Zuverlässigkeit, Dauerhaftigkeit und ihre Gesamtkosten im kommerziellen Einsatz für leichtere innerstädtische Transportaufgaben getestet. Die Wechselstromantriebstechnik wird auf dem System basieren, das Eaton ursprünglich für Personenfahrzeuge entworfen hatte. Für die höhere Leistung und das grössere Anfahrdrehmoment, welche beim Einsatz in Transporter benötigt werden, wird das System verstärkt. Der Eaton-Transporter wird eine weiterentwickelte Nickel-Eisen-Batterie verwenden, die von der Eagle-Picher-Technologie abstammt, welche seit 1978 für das Energieministerium entwickelt worden

war. Auch andere Batteriesysteme werden im Hinblick auf ihre Einsetzbarkeit für dieses Lieferwagenkonzept geprüft werden. Der Einbau in den neuentwickelten Chrysler-T-115-Frontantriebslieferwagen wird die Beurteilung des Eaton-Wechselstromantriebs in einem leichteren Fahrzeug mit guter Aerodynamik gestatten. Es wird erwartet, dass die Versuchsphase des Projektes Mitte 1988 abgeschlossen ist.

Das Energieministerium prüft ausserdem die Möglichkeit, den Ford/GE-Wechselstromantrieb, der ursprünglich für die Anwendung in Personenfahrzeugen entwickelt worden war, an die Verwendung im neuen, verkleinerten Ford-Lieferwagen mit Hinterradantrieb anzupassen. Falls Ford ein Lieferwagenentwicklungsprogramm in Angriff nimmt, würde sein Abschluss per Ende 1988 geplant.

Sowohl das Projekt von Eaton als auch das von Ford/GE sind auf einen fortgeschrittenen Elektrolieferwagen ausgerichtet, der etwa in der Zeit 1990–95 produziert werden könnte.

6. Von der Forschung und Entwicklung zur Kommerzialisierung

Der Erfolg der Entwicklungsarbeiten des Energieministeriums und des EPRI ist von der Aufnahme der Technologie durch die Hersteller und die Benützer ebenso abhängig wie von der kontinuierlichen, aktiven Beteiligung der lokalen Elektrizitätsgesellschaften, die die notwendige Energieversorgungsinfrastruktur bereitstellen. Während der letzten zehn Jahre haben Elektrizitätswerke die Elektrofahrzeugtechnologie aktiv gefördert und eingesetzt. In den Jahren 1974 und 1975 kauften 59 Elektrizitätswerke im Rahmen des vom Edison Electric Institute (EEI) betreuten Fahrzeugbeschaffungsprogramms für Elektrizitätswerke ingesamt 107 von Gould gebaute Elektrofahrzeuge. Das EEI – eine Organisation der Elektrizitätswirtschaft – rief auch den Electric Vehicle Council (EVC) als Wirtschaftsverband ins Leben, um die Interessen der Elektrofahrzeugentwickler und -benützer in den USA zu koordinieren. Der EVC diente in dieser Funktion bis Dezember 1983, indem er zweimal pro Jahr ein Elektrofahrzeugsymposium veranstaltete und monatlich eine Elektrofahrzeugzeitschrift herausgab.

Durch das Demonstrations-, Versuchs- und Evaluationsprogramm des Energieministeriums, das 1977 begann, wurden viele Elektrizitätswerke in den Versuchsbetrieb von Elektrofahrzeugen in ihren Fahrzeugflotten involviert. Als Folge dieser Beteiligung haben sowohl Detroit Edison Company als auch die TVA grössere Versuchs- und Evaluationsprogramme aufgebaut, die auch beträchtliche Investitionen in Einrichtungen und Anlagen beinhalten. Das vergangene Jahrzehnt der Beteiligung der Elektrizitätswerke hat innerhalb der Elektrizitätswirtschaft einen Erfahrungsschatz geschaffen, der für die Unterstützung und das Vorantreiben der Kommerzialisierung der Elektrofahrzeuge notwendig ist.

Im Herbst 1982 bildeten mehrere erfahrene Elektrizitätsgesellschaften ein Ad-hoc-Komitee, um das mögliche Vorgehen für eine verstärkte Beteiligung der Elektrizitätswirtschaft bei der Einführung von Elektrofahrzeugen zu untersuchen. Nach mehrmonatiger Beratung schuf dieses Komitee im November 1983 mit Unterstützung des EPRI die Electric Vehicle Development Corporation (EVDC). Die EVDC ist eine Non-Profit-Organisation, die gebildet wurde, um die Entwicklung und Markteinführung von Elektrofahrzeugen voranzutreiben. Das Ziel der EVDC ist, die Elektrofahrzeuginteressen im ganzen Land zu festigen und noch innerhalb der 80er Jahre die Produktion zuverlässiger Elektroautos und Lastwagen in grösserer Zahl zu erreichen. Die Gesellschaft bestand anfangs aus 30 Elektrizitätswerken, die zusammen eine Bevölkerung von mehr als 70 Millionen Kunden bedienen. Es wird erwartet, dass bis Ende 1984 mehr als 50 Elektrizitätsgesellschaften sowie Gewerbe- und Industrieorganisationen mit Elektrofahrzeuginteressen Mitglied in der EVDC werden.

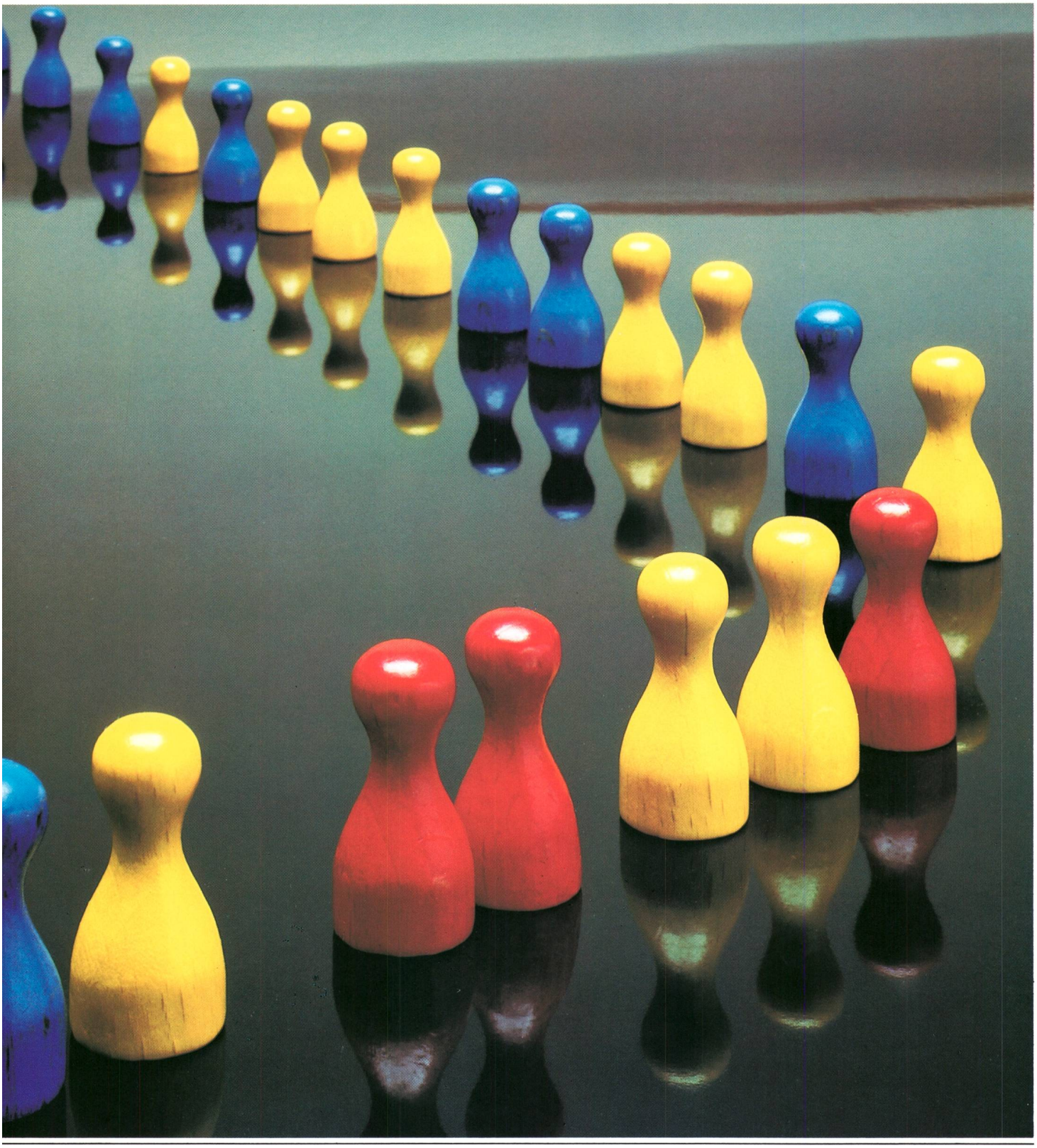
Im ersten Jahr ihrer Existenz konzentriert sich die EVDC auf die Erfassung des Marktes für kommerzielle Flottenfahrzeuge und auf die Entwicklung von Spezifikationen für Fahrzeuge, die einerseits dem grössten Marktsegment entsprechen und anderseits die Mitgliederbasis erweitern. Die EVDC plant, 1985 Aktivitäten zur Entwicklung des Marktes und der Infrastruktur in Gang zu setzen und die technischen und finanziellen Pläne zu erarbeiten, die erforderlich sind, um ein Demonstrationsprogramm im grossen Massstab als erste Phase der Kommerzialisierung zu verwirklichen.

Die Ziele der EVDC können nur durch enge Zusammenarbeit mit dem Energieministerium, der Arbeitsgruppe der Elektrofahrzeugbenützer und dem EPRI erreicht werden. Die Organisation des EVDC ist deshalb speziell darauf ausgelegt, diese Koordinationsaufgabe zu verwirklichen. Die Arbeitsgruppe der Elektrofahrzeugbenützer und die Leitung des EPRI stellen Mitglieder des Verwaltungsrates der EVDC, und das technische Beratungskomitee der EVDC umfasst Mitglieder vom Energieministerium und von den nationalen Laboratorien. Die EVDC ist verpflichtet, mit diesen Organisationen und anderen Interessenten zusammenzuarbeiten, um die erfolgreiche Kommerzialisierung der Elektrofahrzeuge in der kürzest möglichen Zeit zu erreichen.

7. Schlussbemerkungen

Die Entwicklung von Elektrofahrzeugen befindet sich in den USA an einem entscheidenden Punkt. In letzter Zeit haben sich viele vielversprechende technologische Fortschritte abgezeichnet, die die Machbarkeit von Elektrofahrzeugen als echte Alternative im Verkehr verbessern. Die Programme des Energieministeriums und der EPRI bemühen sich, diese Gelegenheit zu benützen, um die Aufnahmebereitschaft und damit die Einführung durch Forschungs- und Entwicklungsprojekte zu fördern, die auf der von beiden Organisationen sowie von Herstellern, Lieferanten und Benützergruppen getragenen Arbeit aufbaut und diese ergänzt. In Zusammenarbeit mit der Electric Vehicle Development Corporation hoffen das Energieministerium und das EPRI, die Ungewissheiten in bezug auf Technik und Markt zu verringern, die den Fortschritt in bezug auf eine attraktive und wünschenswerte Alternative im Verkehr, das Elektrofahrzeug, behindert haben.

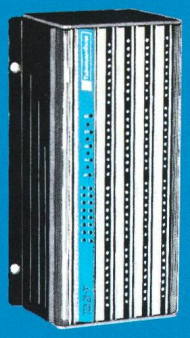
EINE NEUE SYSTEMFAMILIE SPEICHERPROGRAMMIERBARER STEUERUNGEN.

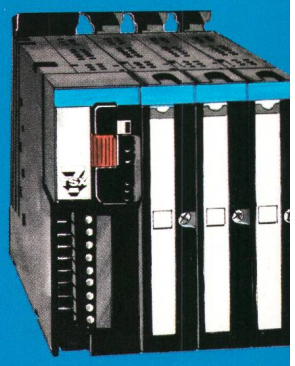


Telemecanique

Unsere Lösungen sind öfters besser

Tel. 031 / 53 82 82





SIE HABEN DIE WAHL: FÜR JEDEN EINSATZBEREICH DIE WIRTSCHAFTLICH OPTIMALE STEUERUNG

Selbst bei Erweiterungen kein Ausweichen auf artfremde Systeme!

TSX 01-7

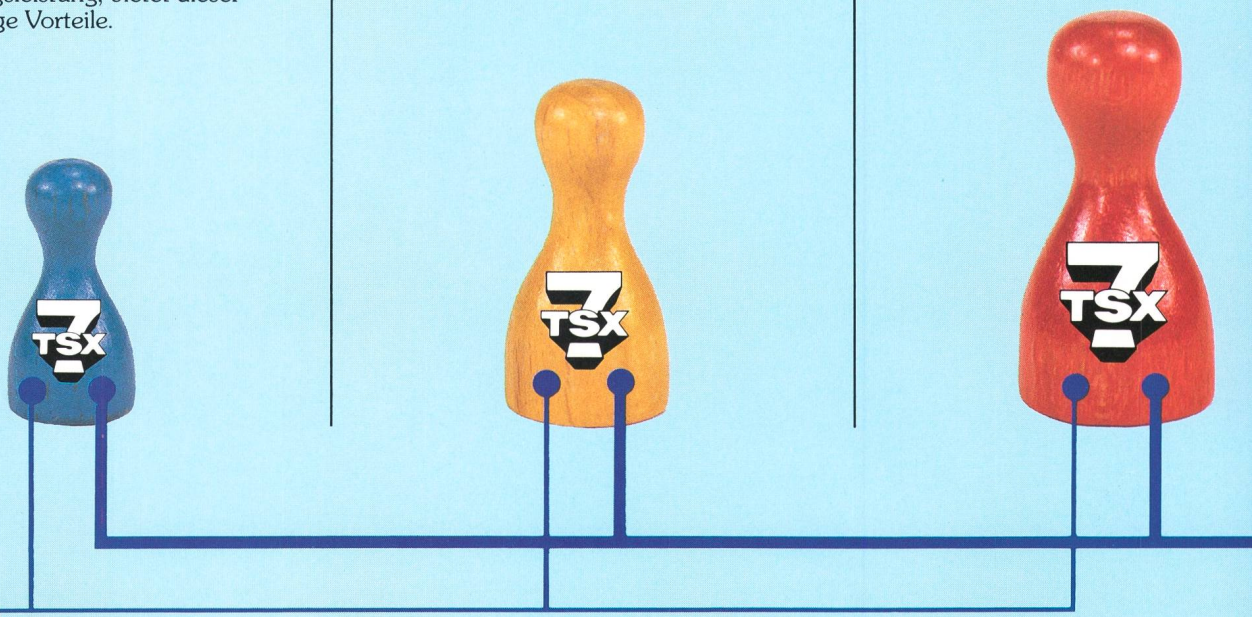
Klein (wie eine Europa-Karte), aber oho! Diese Steuerung passt in jeden 19"-Einschub und in jeden Standardkartenträger. Die ideale Steuerung für kleinere Serienmaschinen. Überall dort, wo der Preis ebenso entscheidend ist wie die Steuerungsleistung, bietet dieser «Knirps» riesige Vorteile.

TSX 21-7

Der untersetzte «Starke» in der Familie. Basierend auf dem Konzept der bewährten TELEMECANIQUE-Steuerung TSX 21 empfiehlt sich diese Steuerung überall dort, wo hohe, mechanische Umweltbelastung besondere Anforderungen stellt.

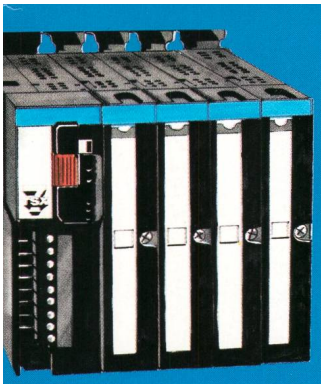
TSX 27-10

Die Steuerung mit integrierter Spa nungsversorgung. Dazu zeichnet d neue Steuerung eine hochmodern Schraubklemm-Anschlusstechnik r Berührungsschutz aus. Weiterer be derer Vorteil: 220-V-Relais-Ausgän Ideale Einsatzbereiche: generell kle Industrieanlagen – kurz überall do robuste Elektrik gefordert ist.



Ausführliche Dokumentation auf Anfrage.
Rufen Sie uns an!

SAMA: Stand 481, Halle 1



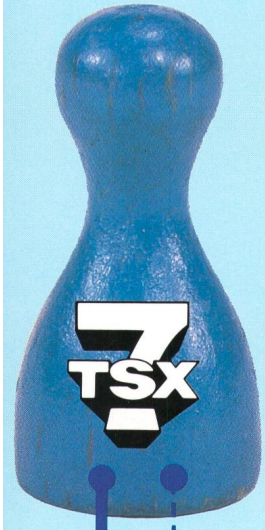
...DIE FAMILIE WÄCHST WEITER

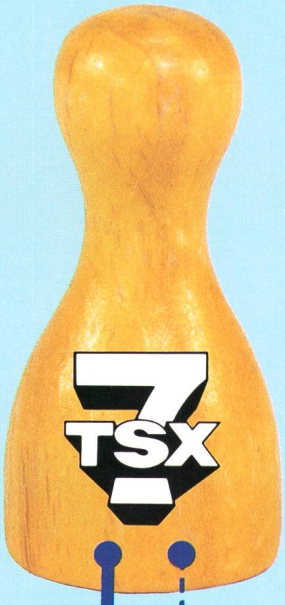
SX 27-20

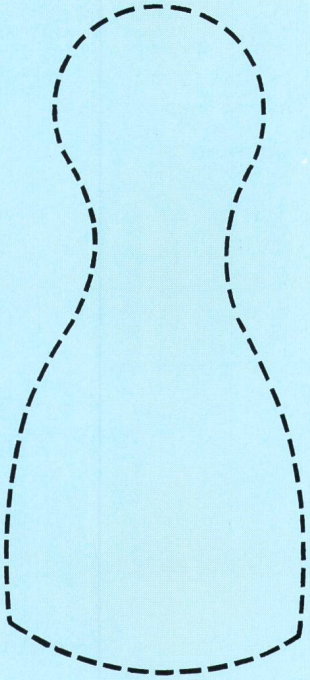
amilienmitglied mit einer Menge chen»; eine intelligente Kompakt- rung, die mechanisch die gleichen le wie das Modell TSX 27-10 bie- e TSX 27-20 kann rechnen, ver- en, Codes umsetzen und ist über eicht erlernbare Programmier- ne zu programmieren. Typische tzbereiche: Industrielle Anlagen omplexe Einzelmaschinen.

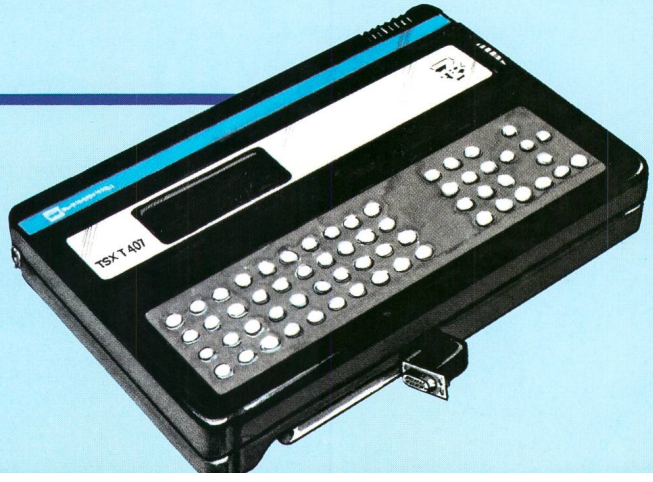
TSX 47

Das (derzeitige) «Oberhaupt» der TSX-7-Familie. Eine modular aufgebaute, speicherprogrammierbare Steuerung mit allen Eigenschaften der TSX 27-20, die zusätzlich ausbaubar ist und über hervorragende Kommunikationsmöglichkeiten z.B. durch den Einsatz im Intersystem-Bus Telway 7 verfügt. Eine Steuerung, die in komplexen Anlagen, Fertigungsstrassen ebenso wirtschaftlich eingebaut werden kann wie in Einzelmaschinen mit entsprechenden Aufgabenstellungen.









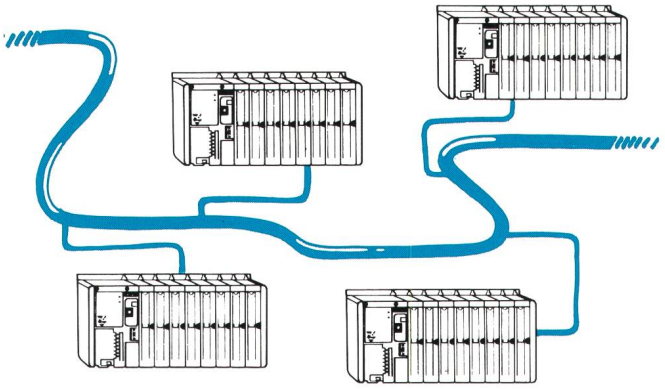
TECHNISCHE DATEN TSX-7: DIE TSX-7-FAMILIE AUF EINEN BLICK

Telway 7

ist das TELEMECANIQUE-Bus-System, mit dem sich Informationen innerhalb einer Gesamtanlage zwischen den einzelnen Steuerungen jederzeit übertragen lassen. Eine einfache, sichere Möglichkeit der Dezentralisierung.
Telway 7 ermöglicht die Kommunikation über eine Strecke von 1 km ohne Verstärker!
Alle Steuerungen die an Telway 7 angeschlossen sind, können zentral:

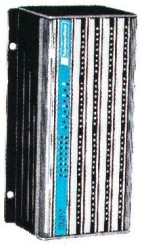
- programmiert werden
- Protokolle ausgeben
- diagnostiziert werden.

Das Ergebniss ist eine totale Transparenz der Gesamtanlage.
Übertragungs - Geschwindigkeit: 20 k BAUDS



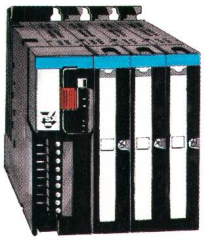
TSX 01-7

Abmessungen:	H = 130 mm, B = 40 mm, T = 172 mm (Europakarte, 4 Teilungen)
Versorgung:	24 V = (16 V bis 30 V)
Anzahl E/A:	max. 36
Eingänge:	16 x 24 V =/3 mA
Ausgänge:	8 x 24 V =/2 A, 8 x 24 V =/0,4 A
programmierbare E/A:	4 x 24 V=/0,4 A
max. Programmlänge:	800 Anweisungen



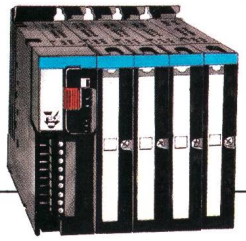
TSX 21-7

Abmessungen:	H = 216 mm, B = 127 mm, T = 110 mm
Schutzart:	IP52
Versorgung:	24 V = (16 V bis 30 V)
Anzahl E/A:	je nach Ausbaustufe 32, 64, 96, 128
Eingänge:	50% der Gesamtanzahl 24 V =/3 mA
Ausgänge:	25% der Gesamtanzahl 24 V =/2 A
programmierbare E/A:	25% der Gesamtanzahl 24 V =/0,4 A
max. Programmlänge:	2 k Anweisungen



TSX 27-10

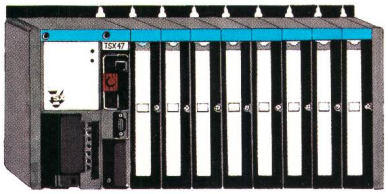
Abmessungen:	H = 222 mm, T = 251 mm, B = 148, 188, 228 mm
Versorgung:	110/220 V Ws, 47/63 Hz oder 24 V Gs
Anzahl E/A:	je nach Ausbaustufe 20, 40, 60, 80 Alle E/A galvanisch getrennt und angezeigt
Eingänge:	60% der Gesamtzahl, 24 V =/16 mA,
Ausgänge:	40% der Gesamtzahl, bei Wechselspannung 100 VA, bei Gleichspannung 24 V =/1 A
max. Programmlänge:	2 k Anweisungen



TSX 27-20

mechanische und elektrische Daten identisch mit 27-10

Speicher:	8 k oder 16 k, 8 bit, RAM oder EPROM



TSX 47

Abmessungen:	H = 222 mm, T = 251 mm, B = 485 mm entspricht 19 Zoll
Versorgung:	110/220 V Ws, 47/63 Hz oder 24 V/48 V Gs
Anzahl E/A:	max. 256
Eingänge:	24 oder 48 V Gs/Ws, 110 oder 220 V Ws, Namur 5–12 V Gs
Ausgänge:	24 oder 48 V Gs/Ws, 500 mA oder 2 A. 110–127 oder 220 V Ws, 2 A Relais, 24–220 V Ws, 100 VA
zusätzlich:	Analoge Ein-/Ausgänge, PID Regelmodul
Speicher:	8 k oder 16 k, 8 bit, RAM oder EPROM

Telemecanique
Sägestrasse 75
3098 Köniz
Tel. 031/53 82 82

Weltweiter Service.